

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Satoshi MIKAMI

Application. No.: To Be Assigned

Filed: January 29, 2004

Title: DISPERSION COMPENSATION CONTROLLING APPARATUS AND DISPERSION
COMPENSATION CONTROLLING METHOD

:
:
:
:
:
:
:

Group Art Unit: To Be Assigned

Examiner: To Be Assigned

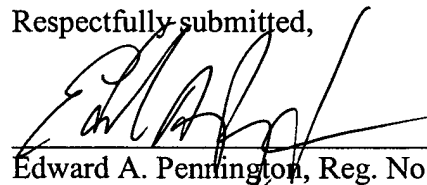
CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

A certified copy of corresponding Japanese Application No. 2003-023649, filed January 31, 2003 is attached. It is requested that the right of priority provided by 35 U.S.C. 119 be extended by the U.S. Patent and Trademark Office.

Respectfully submitted,



Date: January 29, 2004

Edward A. Pennington, Reg. No. 32, 588
Swidler Berlin Shereff Friedman, LLP
3000 K Street, NW, Suite 300
Washington, DC 20007-5116
Telephone: (202) 424-7500
Facsimile: (202) 295-8478

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月31日
Date of Application:

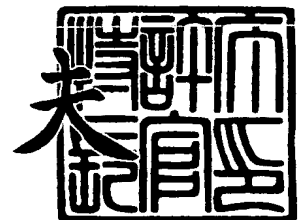
出願番号 特願2003-023649
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-023649]

出願人 富士通株式会社
Applicant(s):

2004年 1月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0251851

【提出日】 平成15年 1月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/18

【発明の名称】 分散補償制御装置及び分散補償制御方法

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目 3 番地 1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

【氏名】 三上 智

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105337

【弁理士】

【氏名又は名称】 眞鍋 潔

【選任した代理人】

【識別番号】 100072833

【弁理士】

【氏名又は名称】 柏谷 昭司

【選任した代理人】

【識別番号】 100075890

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 弘一

【選任した代理人】

【識別番号】 100110238

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 壽郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 075097

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9906989

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償制御装置及び分散補償制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光伝送路の波長分散特性による光信号の波形劣化を補償する分散補償制御装置に於いて、

前記光信号の波形劣化を補償する可変分散補償器と、

該可変分散補償器により補償された前記光信号の符号誤り情報を生成するモニタ回路と、

該モニタ回路からの符号誤り情報に基づいて符号誤り率が最小となるように前記可変分散補償器の分散補償量を制御する制御回路とを含み、

該制御回路は、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして前記符号誤り率を算出し、予め設定した閾値以下の前記符号誤り率の最小値又は該符号誤り率の最低値の範囲の中央の前記分散補償量を初期設定値とする構成を有する

ことを特徴とする分散補償制御装置。

【請求項 2】 前記制御回路は、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして同期検出及び符号誤り率算出を実行し、前記同期検出ができない時は前記スweepを所定のステップでスキップして前記初期設定値を求める構成を有することを特徴とする請求項 1 記載の分散補償制御装置。

【請求項 3】 光伝送路の波長分散特性による光信号の波形劣化を補償する分散補償制御方法に於いて、

可変分散補償器により波形劣化した前記光信号の波長分散を補償し、該波長分散を補償した光信号を基に符号誤り率を算出し、該符号誤り率が最小となるように、前記可変分散補償器の分散補償量を制御し、

且つ初期設定時は、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして前記符号誤り率を算出し、予め設定した閾値以下の前記符号誤り率の最小値又は該符号誤り率の最低値の範囲の中央の前記分散補償量を初期設定値とする過程を含む

ことを特徴とする分散補償制御方法。

【請求項 4】 前記初期設定時に、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして前記符号誤り率と同期検出とを行い、該同期検出ができない時は、前記スweepを所定のステップでスキップして前記符号誤り率を算出する過程を含むことを特徴とする請求項 3 記載の分散補償制御方法。

【請求項 5】 前記符号誤り率に対して制御開始閾値と、該制御開始閾値より符号誤り率が高い場合の探索閾値とを設定し、前記符号誤り率が前記制御開始閾値より小さい最低値の範囲の時に、該最低値の範囲の中央に前記分散補償量を設定し、運用時は、前記符号誤り率が前記制御開始閾値を超えた時に、該制御開始閾値以下の符号誤り率となるように前記分散補償量を制御し、前記符号誤り率が前記探索閾値を超えた時に、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして、前記符号誤り率の最低値の範囲の中央に前記分散補償量を再設定する過程を含むことを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の分散補償制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光信号の波形劣化を可変分散補償器により補償して、長距離、大容量伝送を可能とする分散補償制御装置及び分散補償制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の光伝送システムに於いては、伝送速度の一層の高速化が進められ、10 Gb/s の伝送速度の光伝送システムが既に実用化されている。又 40 Gb/s の伝送速度の光伝送システムの開発も進められており、又波長多重技術により、例えば、10 Gb/s の伝送速度の光信号を 1000 波多重化し、この波長多重光信号を一括増幅して伝送する光伝送システムの開発も行われている。

【0003】

伝送速度の高速化に伴って、光ファイバの波長分散による光信号波形の劣化が顕著になり、伝送可能距離を制限する主要因となっている。その為に、分散補償ファイバを用いて、光ファイバの波長分散を補償することにより、数 100 km の長距離伝送を可能としている。更に伝送速度を大きくして、40 Gb/s 程度

とした場合は、波長分散による影響が一層大きくなり、数100kmの長距離伝送を可能とする為には、光ファイバの波長分散の厳密な補償が必要となる共に、光ファイバの温度変化による波長分散特性の変化も無視できなくなる。

【0004】

そこで、波長分散を補償する各種の手段が提案されている。例えば、図17は分散補償器を含む従来例の説明図であり、100は受信装置、101は分散補償器、102は光フィルタ、103は光電変換部（O/E）、104はクロック再生手段を含むデータ識別部、105はエラー検出部、106はエラー率計算部、107はエラー率変化量算出部、108は補償量算出部、111は光ファイバ伝送路上の遠隔地に配置された分散補償器を示す。

【0005】

光ファイバを介して伝送された光信号を、受信装置100で受信し、分散補償器101により受信光信号の波長分散を補償し、光フィルタ102により信号成分を含む光信号を抽出し、光電変換部103により電気信号に変換し、データ識別部104に於いてクロックを抽出し、そのクロックを基にデータを識別し、そのデータをエラー検出部105に入力し、エラー検出又はエラー訂正を行って、受信信号として図示を省略した後段の装置へ出力する。

【0006】

又エラー率計算部106は、エラー検出部105に於けるエラー検出信号を基にエラー率を計算し、エラー率変化量算出部107は、エラー率の変化量を算出して、補償量算出部108に入力する。補償量算出部108は、分散補償量を算出して、分散補償器101を制御する。即ち、エラー率が増加しないように、分散補償器101に於ける分散補償量を制御する。又光信号の送信側や中継器側に設けた分散補償器111を、補償量算出部108により算出した分散補償量を基に制御する構成とすることも可能である（例えば、特許文献1参照）。

【0007】

又前述のように、エラー率を算出し、そのエラー率が小さくなるように、分散補償器を制御して、波長分散と偏波分散とを共に補償して、高速、大容量伝送を可能とした手段も提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【0008】

又前述の分散補償器のように、分散補償量を制御可能とした構成の可変分散補償器は、例えば、分散補償ファイバの長さを光学的又は機械的に切替えることにより、分散補償量を制御する構成が考えられるが、構成の大型化と複雑化とが問題となる。又温度変化により波長分散量が変化することを利用して、光ファイバに薄膜ヒーターを設け、この薄膜ヒーターに、分散補償量に対応した電流を供給して温度を調整し、分散補償量を制御する構成も知られている（例えば、特許文献1参照）。又波長対応に分波して、それぞれの光路長を制御して合波することにより波長分散を補償するVIPA（Virtually Imaged Phased Array）が知られている（例えば、非特許文献1参照）。又FBG（Fiber Bragg Grating）を利用した構成も知られている。又分散補償後の光信号に含まれるクロックの $1/2$ の周波数成分や $1/4$ の周波数成分をモニタして、分散補償制御を行う構成も知られている。

【0009】

【特許文献1】

特開2001-77756号公報

【特許文献2】

特開2002-208892号公報

【非特許文献1】

Shirasaki, その他著 “Dispersion Compensation Using The Virtually Imaged Phased Array”, APCC/OECC'99, pp. 1367-1370, 1999

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

従来の光伝送システムに於ける波長分散を補償する手段として、エラー率が最小値となるように制御する手段が一般的である。その場合、例えば、図17に示すように、分散補償量を横軸、エラー率BERを縦軸として、黒丸で示すa1点の分散補償量をDstartとし、エラー率が最小となるように制御する時に、

エラー率と分散補償量との関係は、V字状やU字状の特性となるから、その特性の傾斜部分に於いて、分散補償量を増加した時にエラー率が減少するか増加するかを最初には確定できないものである。

【0011】

従って、分散補償量をD s t a r tから分散補償量のステップ(S t e p)毎のD 2とすると、a 2点に移行する。それにより、エラー率が増加する方向であることが判る。そこで、反対方向に分散補償量をD 3として、a 3点に移行させることができる。このa 3点に於いて、エラー率の変化量が大きいことにより、分散補償量をD 1とすると、a 4点に移行して、エラー率が増加する。そこで、分散補償量をD 4としてa 5点に移行させることになる。即ち、エラー率を基に分散補償量を制御する場合に、エラー率最小値に到達するまでに要する時間が長くなる問題がある。

【0012】

又エラー率と残留分散値($p s / n m$)との関係は、例えば、図18の(A)に示すように、ほぼU字状となる。しかし、実際には変動幅Wを有するものである。従って、エラー率最小値となるように波長分散制御を行う場合に、例えば、図18の(B)に拡大して示すように、b 1点に制御できた場合は、ほぼ理想状態となるが、b 2点もエラー率最小値の点となる。即ち、エラー率が閾値E t h 1以下となるように分散補償量を制御して、b 2点となると、それ以上、分散補償量を制御した場合は、エラー率が増加することになるから、b 2点をエラー率最小値と見做して可変分散補償器を制御することになる。このb 2点に於いては、波長分散量の僅かな変動により、エラー率の閾値E t h 1を超えることになり、エラー率増加によって通信が不可能の状態となる問題がある。

【0013】

又エラー率が非常に小さい場合、エラー率の算出可能の下限となる波長分散量の可変範囲が広くなる。例えば、図18の(A)に於いて、エラー率の特性がU字状ではなく、ほぼ垂直の直線で囲まれた特性となる場合がある。その場合、直線近傍のエラー率の最低値の点で分散補償量を制御している時に、分散補償量の僅かな変化により、エラー率が急激に増加して閾値E t h 1を超えることになる

。その場合は、正常な通信が不可能となる問題がある。

【0014】

又システム立上げ時に、可変分散補償器の分散補償量の初期設定を行うことになるが、通常は、エラー率が低い場合が多いから、エラー率最小値に設定する為の時間が長くなる問題と、前述の図18の(B)を参照して説明した問題とが生じる。

【0015】

本発明は、前述の従来の問題点を解決し、初期設定時の高速化を図り、且つ安定な分散補償量の制御を可能とすることを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明の分散補償制御装置は、図1を参照して説明すると、光伝送路の波長分散特性による光信号の波形劣化を補償する分散補償制御装置であって、光信号の波形劣化を補償する可変分散補償器14と、この可変分散補償器14により補償された光信号の符号誤り情報を生成するモニタ回路18-1～18-nと、このモニタ回路からの符号誤り情報に基づいて符号誤り率が最小となるように、可変分散補償器14の分散補償量を制御する制御回路15とを含み、この制御回路15は、可変分散補償器14の分散補償量の可変範囲をスweepして、符号誤り率を算出し、予め設定した閾値以下の符号誤り率の最小値又は該符号誤り率の最低値の範囲の中央の分散補償量を初期設定値とする構成を有する。

【0017】

又制御回路15は、可変分散補償器14の分散補償量の可変範囲をスweepして同期検出及び符号誤り率算出を実行し、同期検出ができない時は、スweepを所定のステップでスキップすることにより、初期設定値を求める構成を有するものである。

【0018】

又本発明の分散補償制御方法は、光伝送路の波長分散特性による光信号の波形劣化を補償する分散補償制御方法であって、可変分散補償器14により波形劣化した光信号の波長分散を補償し、この波長分散を補償した光信号を基に符号誤り

率を算出し、この符号誤り率が最小となるように、可変分散補償器 1 4 の分散補償量を制御し、且つ初期設定時は、可変分散補償器 1 4 の分散補償量の可変範囲をスweepして符号誤り率を算出し、予め設定した閾値以下の符号誤り率の最小値又は該符号誤り率の最低値の範囲の中央の分散補償量を初期設定値とする過程を含むものである。

【0 0 1 9】

又初期設定時に、可変分散補償器 1 4 の分散補償量の可変範囲をスweepして符号誤り率と同期検出とを行い、同期検出ができない時は、スweepを所定のステップでスキップして符号誤り率を算出する過程を含むことができる。又符号誤り率に対して制御開始閾値と、この制御開始閾値より符号誤り率が大きい場合の探索閾値とを設定し、符号誤り率が制御開始閾値より小さい最低値の範囲の時に、この最低値の範囲の中央に分散補償量を設定し、運用時は、符号誤り率が制御開始閾値を超えた時に、この制御開始閾値以下の符号誤り率となるように分散補償量を制御し、符号誤り率が探索閾値を超えた時に、可変分散補償器 1 4 の分散補償量の可変範囲をスweepして、符号誤り率の最低値の範囲の中央に分散補償量を再設定する過程を含むことができる。

【0 0 2 0】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の原理説明図であり、可変分散補償器 1 と制御回路 2 とを示し、可変分散補償器 1 により、チャンネル C h 1 ~ C h n の波長多重化された光信号を一括して分散補償し、図示を省略した分波器によりチャンネル C h 1 ~ C h n 対応の波長に分波し、電気信号に変換してデータ識別を行い、そのデータについての符号誤り率を求めるもので、各チャンネル C h 1 ~ C h n 対応の符号誤り情報として示すように制御回路 2 に入力し、全体の符号誤り率が最小値となるように、可変分散補償器 1 を制御する。

【0 0 2 1】

図 2 は本発明の一実施の形態の説明図であり、1 1 - 1 ~ 1 1 - n は光送信回路、1 2 は光合波器、1 3 は光ファイバ、1 4 は可変分散補償器、1 5 は制御回路、1 6 は光分波器、1 7 - 1 ~ 1 7 - n は光受信回路、1 8 - 1 ~ 1 8 - n は

モニタ回路を示す。

【0022】

光送信回路 11-1 ~ 11-n は、前述のチャネル Ch1 ~ Chn 対応の構成を有し、それぞれ波長の異なる光信号を光合波器 12 により合波して波長多重化光信号とし、光ファイバ 13 を介して送出する。この光ファイバ 13 の分散特性により波長分散された光信号を、可変分散補償器 14 により一括して補償する。この可変分散補償器 14 と制御回路 15 とが、図 1 の可変分散補償器 1 と制御回路 2 とに相当する。

【0023】

光分波器 16 は、チャネル Ch1 ~ Chn の波長対応に分波して、光受信回路 17-1 ~ 17-n に入力し、電気信号に変換してデータ識別を行い、そのデータをモニタ回路 18-1 ~ 18-n に於いてモニタし、伝送路状態として符号誤り率（エラー率）を求めて制御回路 15 に入力する。この制御回路 15 は、符号誤り率（エラー率）が最小となるように、可変分散補償器 14 を制御する。従って、温度変化等による光伝送路の波長分散特性が変化しても、符号誤り率を小さくして光信号による通信を継続することができる。

【0024】

図 3 は本発明の他の実施の形態の説明図であり、図 2 と同一符号は同一部分を示し、19 は送信側の可変分散補償器を示す。この可変分散補償器 19 と受信側の可変分散補償器 14 とを、モニタ回路 18-1 ~ 18-n による符号誤り率が最小となるように、受信側の制御回路 15 から制御するものである。

【0025】

図 4 はモニタ回路の説明図であり、伝送路状態をモニタするもので、図 2 又は図 3 に於けるモニタ回路 18-1 ~ 18-n の構成の一例を示す。例えば、誤り訂正回路 21 を備えた構成、又は符号誤りモニタ回路 23 と誤り訂正回路 24 とを含む監視回路 22 を備えた構成とし、誤り訂正を行ったことによる誤り訂正情報又は誤り訂正前に於ける誤り検出による符号誤り率情報を、制御回路 15 に転送する。又図示を省略した同期検出回路により、フレーム同期等を検出し、この同期検出情報を制御回路 15 に転送する構成を設ける。

【0026】

図5、図6及び図7は初期設定動作の説明図であり、(A1)～(A5)は伝送路状態、(B1)～(B5)はError (符号誤り率) 状態を示す。本発明は、システム立上げ等に於ける初期設定時に於いて、可変分散補償器14の分散補償量の可変範囲内を制御回路15によりスイープして、分散補償量と符号誤り率との関係を求める。更に、伝送路状態として同期検出を行う。同期検出は、例えば、モニタ回路18により行うことができる。又各図に於ける横軸は、スイープによる分散補償量の可変範囲を、スイープの開始位置と終了位置として示し、伝送路状態の同期検出を“1”、同期外れを“0”として示し、又Error状態は、算出可能最大の飽和レベルと、算出可能の最低レベル(Error free)と、運用継続可能な符号誤り率の限度を示す閾値Eth2とを設ける。閾値Eth2は、例えば、符号誤り率 10^{-9} とすることができる。

【0027】

図5の(A1)、(B1)は、開始位置からのスイープを開始した状態を示し、伝送路状態は“0”、即ち、同期外れの状態であり、又Error状態は、符号誤り率が飽和レベルの状態であることを示す。同期検出は、既に知られているように、例えば、SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 又はSONET (Synchronous Optical network) を適用した場合、伝送フレームのセクションオーバーヘッドのA1、A2バイトを用いて同期引込みを行うことができる。

【0028】

符号誤り率が高い場合は、同期検出ができないので、伝送路状態は“0”として示す状態となる。その場合は、所定のステップで分散補償量のスイープをスキップする。そして、図5の(A2)、(B2)の状態に遷移する。即ち、符号誤り率が多少改善されて同期検出が行われる伝送路状態となると、連続的なスイープを行う。この状態でもError状態が飽和レベルとなっている場合を示している。そして、分散補償量のスイープを継続すると、例えば、図6の(A3)、(B3)の状態に遷移する。即ち、Error状態は最低レベル(Error free)まで符号誤り率が減少する。

【0029】

更にスweepを継続すると、図6の(A4), (B4)の状態に遷移する。即ち、伝送路状態は同期検出(“1”)の状態であるが、Error状態は、飽和レベルに符号誤り率が増加する。更にスweepを継続すると、図7の(A5), (B5)の状態に遷移する。即ち、伝送路状態は同期外れ(“0”)の状態となり、Error状態は飽和レベルの状態となる。この同期外れの状態に於いては、スweepを前述のように所定のステップでスキップする。この図7の(B5)の符号誤り率の特性を基に、最適点を求めることができる。即ち、符号誤り率の最小値又は最低値(Error free)の範囲の中央の位置を、分散補償量の最適点とする。

【0030】

図8の(C1)は、可変分散値(p_s/n_m)を開始位置から終了位置までスweepし、LOF(Loss of Frame)同期検出と、OOF(Out of Frame)同期検出と、符号誤り率 10^{-3} 以下との条件を設定した場合の一例を示す。即ち、同期検出として、LOF同期検出とOOF同期検出と共に、符号誤り率の条件を含むものとした場合を示す。この可変分散値(p_s/n_m)のスweepにより得られたエラーError状態を(C2)に示す。

【0031】

図8の(C3)は、(C1), (C2)の特性を重ねた場合に相当し、領域c1, c3は、LOF同期検出とOOF同期検出と符号誤り率 10^{-3} 以下との条件に従った論理和が“0”の領域であり、領域c2は、論理和が“1”となった領域を示し、初期設定時は、領域c1, c3についての1回のスweep幅を、例えば、領域c2のスweep幅の4倍としてスキップすることにより、高速で初期設定動作を行うことができる。

【0032】

図9及び図10は本発明の実施の形態のフローチャートのステップ(D1)～(D20)について示す。分散補償システムとしてスタートし、定数獲得(初期化)を開始し(D1)、タスク起動を行い(D2)、初期設定処理の実行か否かを判定し(D3)、初期設定処理の実行でない場合は、ステップ(D8)に移行

して、運用時制御処理実行か否かを判定する。又初期設定処理実行の場合は、初期設定処理（D4）を行う。

【0033】

初期設定処理は、幅探索処理（D5）として、前述のように、分散補償量の可変範囲内をスイープして、伝送路状態とError状態とを検出し、符号誤り率が最小値となる位置又は最低値の範囲の中央の位置を最適位置として算出し（D6）、ステージ移動する（D7）。この場合の伝送路状態として、図8について説明したように、LOF同期検出とOOF同期検出と符号誤り率 10^{-3} 以下との条件を含めることができる。

【0034】

運用時制御処理実行（D8）に於いては、符号誤り率が閾値以上か否かを判定し（D9）、閾値以上でない場合は、ステップ（B16）（図10参照）に移行する。又閾値以上の場合は、運用時制御（最小値追従制御）（D10）に移行する。この運用時制御に於いては、最小値探索処理（D11）、最適位置算出（D12）、ステージ移動（D13）を含むものである。このステップ（D10）の終了により、ステップ（D14）（図10参照）に移行する。

【0035】

このステップ（D14）に於いては、システム終了か否かの判定を行う。即ち、異常監視処理からの終了イベント待ちのステップである。そして、システム終了の場合は、システム開始か否かを判定するステップ（D15）に移行する。このステップは、異常監視処理からの開始イベント待ちを行い、開始イベントの場合に、システム開始と判定してステップ（D3）に移行する。

【0036】

又ステップ（D9）に於いて符号誤り率が閾値以上でないと判定した時にステップ（D16）に移行し、運用時制御（中心制御）を行う。即ち、閾値逸脱監視処理（D17）を行い、幅探索処理（D18）を行い、符号誤り率が最小となる位置に分散補償量を制御する最適位置算出処理（D19）を行い、ステージ移動（D20）を行って、システム終了か否かを判定するステップ（D14）に移行する。

【 0 0 3 7 】

図 1 1 は運用時の制御説明図であり、(A) は初期設定時の可変分散補償器の分散値と符号誤り率との特性を示し、符号誤り率が最小値となるように、可変分散補償器の分散補償量を設定した状態を示す。そして、光伝送路の温度変動や偏波分散変動等により、特性が図 1 1 の (B) に示す点線から実線のように変化することがある。従って、探索動作閾値と、再設定動作開始閾値とを設定し、特性変化による符号誤り率が探索動作閾値を超えて大きくなると、前述のステップ (D 1 0) の処理により、符号誤り率が最小値となるように、可変分散補償器の分散補償量を最適位置に制御する。又符号誤り率が再設定動作開始閾値を超えて大きくなると、ステップ (D 1 6) の処理により、可変分散補償器の分散補償量を最適位置となるように、再設定処理を行う。

【 0 0 3 8 】

図 1 2 は運用時の符号誤り率による制御説明図であり、(A) は符号誤り率が低い場合、(B) は符号誤り率が高い場合を示す。縦軸は符号誤り率、横軸は分散補償量を示し、E t h 2 は探索閾値、E t h 1 は制御開始閾値を示す。この場合、探索閾値 E t h 2 を図 1 1 の (B) に於ける探索動作閾値とし、制御開始閾値 E t h 1 を図 1 1 の (B) に於ける再設定動作開始閾値とすることができる。そして、符号誤り率が非常に小さく、符号誤り率の最低値の範囲が広い場合、例えば、探索閾値 E t h 2 (又は制御開始閾値 E t h 1) より符号誤り率が低下する分散補償量から更に変化させて、符号誤り率が探索閾値 E t h 2 (又は制御開始閾値 E t h 1) を超える範囲の中央の位置の分散補償量を設定値とする。即ち、初期設定時や再設定時に於いて最適分散補償量が得られるように設定することができる。又運用中に於いて、定期的に制御開始閾値 E t h 1 を超える範囲まで分散補償量をスイープし、符号誤り率が制御開始閾値 E t h 1 以下の最低値となる範囲の中央の位置に分散補償量を追従制御することもできる。

【 0 0 3 9 】

又符号誤り率が大きい場合は、図 1 2 の (B) に示すように、V 字状の特性となるから、符号誤り率が制御開始閾値 E t h 1 以下の最小値となる位置の分散補償量を初期設定値とし、又運用中に於いては、最小値追従制御により、符号誤り

率が高くならないように、分散補償量を制御することができる。

【0040】

図13は制御回路の概要説明図であり、図2に於ける制御回路15が、分散補償駆動回路51と監視制御回路52とを含む構成を有する場合を示し、図2に於けるモニタ回路18-1～18-nからの符号誤り情報を入力し、制御量を求めて分散補償駆動回路51を制御し、分散補償駆動回路51から、図2に於ける一括分散補償を行う可変分散補償器14を制御する。分散補償器駆動回路51は、可変分散補償器14が、例えば、薄膜ヒータを備えた光ファイバの温度制御により分散補償量を制御する構成の場合は、監視制御回路52からの制御信号に従った電流を薄膜ヒータに供給して分散補償量を制御することになる。又VIPA構成を適用した場合は、監視制御回路52からの制御信号に従った駆動信号を、分波した波長対応の入射又は反射の角度を制御して等価光路長制御による分散補償量の制御を行うことになる。

【0041】

図14に示す制御回路は、図3に於ける制御回路15の場合に相当するもので、分散補償器駆動回路61と、監視制御回路62とを含む構成を有し、監視制御回路62は、図13に於ける監視制御回路52と同様の構成を有するものである。又分散補償器駆動回路61は、図13に於ける送信側の可変分散補償器19と、受信側の可変分散補償器14とをそれぞれ制御する構成を有し、送信側と受信側とに於いて、波長分散を補償することができる。

【0042】

図15は本発明の実施の形態の制御回路の説明図であり、70は最適制御演算部、71は演算部、72は補償器インタフェース部（補償器IF）、73は外部バスドライバ／レシーバ（EXTBUS）、74はシステム入出力インタフェース部（SIOIF）、75はモニタインタフェース部（モニタIF）、76はクロック発生部（CLOCK）、77～80はレベル変換部（LVLCNV）、81はSRAM（スタティック・ランダム・アクセス・メモリ）とFLASH ROM（電氣的に書換え可能のリード・オンリー・メモリ）とを含むメモリ部を示す。

【0043】

この図15に示す制御回路は、図14に示す制御回路と同様に、送信側の可変分散補償器と受信側の可変分散補償器とを制御可能とした場合を示し、レベル変換部77を介して受信側の可変分散補償器14との間で制御信号等の送受信を行い、又レベル変換部78を介して送信側の可変分散補償器19との間で制御信号等の送受信を行い、補償器インタフェース部72を介して演算部71で算出した分散補償量等の制御信号を可変分散補償器14, 19に転送して、分散補償量の制御を行う。又レベル変換部79を介して、モニタ回路18-1~18-nとの間で符号誤り情報情報等の送受信を行い、モニタインタフェース部75を介して演算部71に符号誤り情報等を転送する。

【0044】

又メモリ部81は、分散補償制御処理に必要なプログラムや各種のデータを保持するもので、例えば、分散補償量の平年最適値や、分散補償量の制御履歴等を保存することができる。そして、外部バスドライバ/レシーバ73を介して演算部71との間でデータ等の転送を行う。又クロック発生部76は、システムからのクロックに同期したクロックを発生する構成や、水晶発振器等の独立した構成とし、内部処理動作に必要なクロックを供給する。

【0045】

又演算部71は、初期設定時や運用時に対応したプログラムに従って、モニタ回路からの符号誤り情報を基に、初期設定時は、分散補償量の可変範囲内のスイープの制御、符号誤り率と閾値との比較、同期検出の有無の判定、その結果に基づくスイープのスキップ等の処理と、最適分散補償量の設定等を行い、又運用中は、制御開始閾値 E_{th1} や探索閾値 E_{th2} 等の閾値と符号誤り率とを比較して、可変分散補償器に対する分散補償量を算出して、符号誤り率が最小となるように制御する。又モニタ回路に於いては、SDHやSONET方式に於けるフレームのセクションオーバーヘッドのA1, A2バイトによるフレーム同期検出と共に、そのセクションオーバーヘッドのB1, B2バイトによる符号誤り監視情報を抽出して、制御回路に対して伝送路状態の劣化か否かを示す符号誤り情報として転送することもできる。

【 0 0 4 6 】

(付記 1) 光伝送路の波長分散特性による光信号の波形劣化を補償する分散補償制御装置に於いて、前記光信号の波形劣化を補償する可変分散補償器と、該可変分散補償器により補償された前記光信号の符号誤り情報を生成するモニタ回路と、該モニタ回路からの符号誤り情報に基づいて符号誤り率が最小となるように前記可変分散補償器の分散補償量を制御する制御回路とを含み、該制御回路は、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスイープして前記符号誤り率を算出し、予め設定した閾値以下の前記符号誤り率の最小値又は該最小値の範囲の中央の前記分散補償量を初期設定値とする構成を有することを特徴とする分散補償制御装置。

(付記 2) 前記制御回路は、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスイープして同期検出及び符号誤り率算出を実行し、前記同期検出ができない時は前記スイープを所定のステップでスキップして前記初期設定値を求める構成を有することを特徴とする付記 1 記載の分散補償制御装置。

(付記 3) 前記制御回路は、運用中に於ける前記符号誤り率に対する探索閾値と制御開始閾値とを設定し、前記符号誤り率が前記探索閾値を超えて大きくなった時に前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスイープして、前記制御開始閾値以下の符号誤り率の最低値の範囲の中央又は前記符号誤り率の最小値の位置に前記分散補償量を再設定する構成を有することを特徴とする付記 1 又は 2 記載の分散補償制御装置。

【 0 0 4 7 】

(付記 4) 光伝送路の波長分散特性による光信号の波形劣化を補償する分散補償制御方法に於いて、可変分散補償器により波形劣化した前記光信号の波長分散を補償し、該波長分散を補償した光信号を基に符号誤り率を算出し、該符号誤り率が最小となるように、前記可変分散補償器の分散補償量を制御し、且つ初期設定時は、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスイープして前記符号誤り率を算出し、予め設定した閾値以下の前記符号誤り率の最小値又は符号誤り率の最低値の範囲の中央の位置の前記分散補償量を初期設定値とする過程を含むことを特徴とする分散補償制御方法。

(付記 5) 前記初期設定時に、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして前記符号誤り率と同期検出とを行い、該同期検出ができない時は、前記スweepを所定のステップでスキップして前記符号誤り率を算出する過程を含むことを特徴とする付記 4 記載の分散補償制御方法。

【0048】

(付記 6) 前記初期設定時に、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして前記符号誤り率と同期検出とを行い、該同期検出を、LOF 同期検出と OOF 同期検出と所定の符号誤り率より小さい符号誤り率である条件により行い、該同期検出ができない時は、前記スweepを所定のステップでスキップし、前記同期検出の状態であつた前記符号誤り率が最小値の位置又は符号誤り率が最低値の範囲の中央の位置の前記分散補償量を初期設定値とする過程を含むことを特徴とする付記 4 又は 5 記載の分散補償制御方法。

(付記 7) 前記符号誤り率に対して制御開始閾値と、該制御開始閾値より符号誤り率が高い場合の探索閾値とを設定し、前記符号誤り率が前記制御開始閾値より小さい最低値の範囲の時に、該最低値の範囲の中央に前記分散補償量を設定し、運用時は、前記符号誤り率が前記制御開始閾値を超えた時に、該制御開始閾値以下の符号誤り率となるように前記分散補償量を制御し、前記符号誤り率が前記探索閾値を超えた時に、前記可変分散補償器の分散補償量の可変範囲をスweepして、前記符号誤り率の最低値の範囲の中央に前記分散補償量を再設定する過程を含むことを特徴とする付記 4 又は 5 又は 6 記載の分散補償制御方法。

【0049】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、光信号の波形劣化を補償する可変分散補償器 14 を、制御回路 15 により制御して、符号誤り率を最小として光通信を可能とするもので、分散補償量を最適制御する為に、初期設定時には、分散補償量の可変範囲をスweepして符号誤り率の特性を求めて、符号誤り率が最小となる位置に分散補償量を最適位置に設定することができるから、図 18 を参照して説明した問題点を解決することができる。又初期設定時の分散補償量のスweep時に、同期検出が可能となるまでスキップすることにより、初期設定時の処理を高速化

することができる利点がある。又運用時に於いて、光伝送路の波長分散特性が大きく変化したような場合に、再設定処理を行うことにより、光伝送システムの長期間の運用に対しても、安定した分散補償制御が可能となる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の原理説明図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態の説明図である。

【図 3】

本発明の他の実施の形態の説明図である。

【図 4】

モニタ回路の説明図である。

【図 5】

初期設定動作の説明図である。

【図 6】

初期設定動作の説明図である。

【図 7】

初期設定動作の説明図である。

【図 8】

初期設定動作の説明図である。

【図 9】

本発明の実施の形態のフローチャートである。

【図 1 0】

本発明の実施の形態のフローチャートである。

【図 1 1】

運用時の制御説明図である。

【図 1 2】

運用時の符号誤り率による制御説明図である。

【図 1 3】

制御回路の概要説明図である。

【図 1 4】

制御回路の概要説明図である。

【図 1 5】

本発明の実施の形態の制御回路の説明図である。

【図 1 6】

従来例の説明図である。

【図 1 7】

従来の最小値追従制御方法の説明図である。

【図 1 8】

エラー率と残留分散値との関係説明図である。

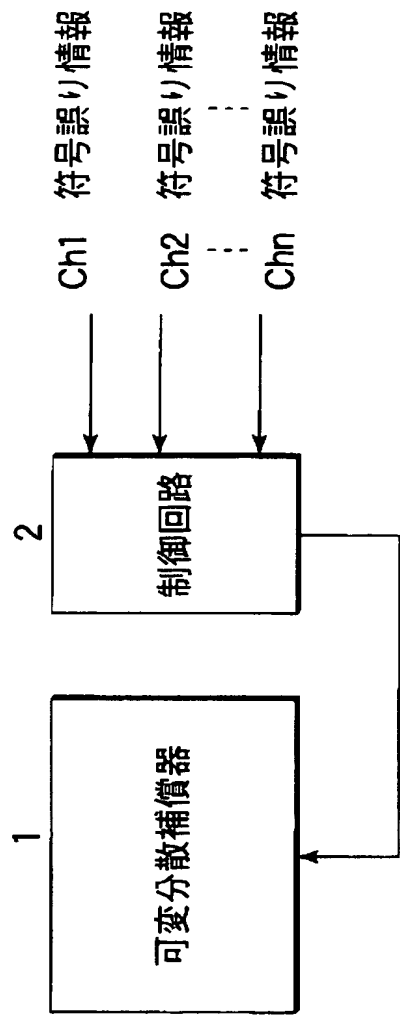
【符号の説明】

- 1 可変分散補償器
- 2 制御回路
- 1 1 - 1 ~ 1 1 - n 光送信回路
- 1 2 光合波器
- 1 3 光ファイバ
- 1 4 可変分散補償器
- 1 5 制御回路
- 1 6 光分波器
- 1 7 - 1 ~ 1 7 - n 光受信回路
- 1 8 - 1 ~ 1 8 - n モニタ回路

【書類名】 図面

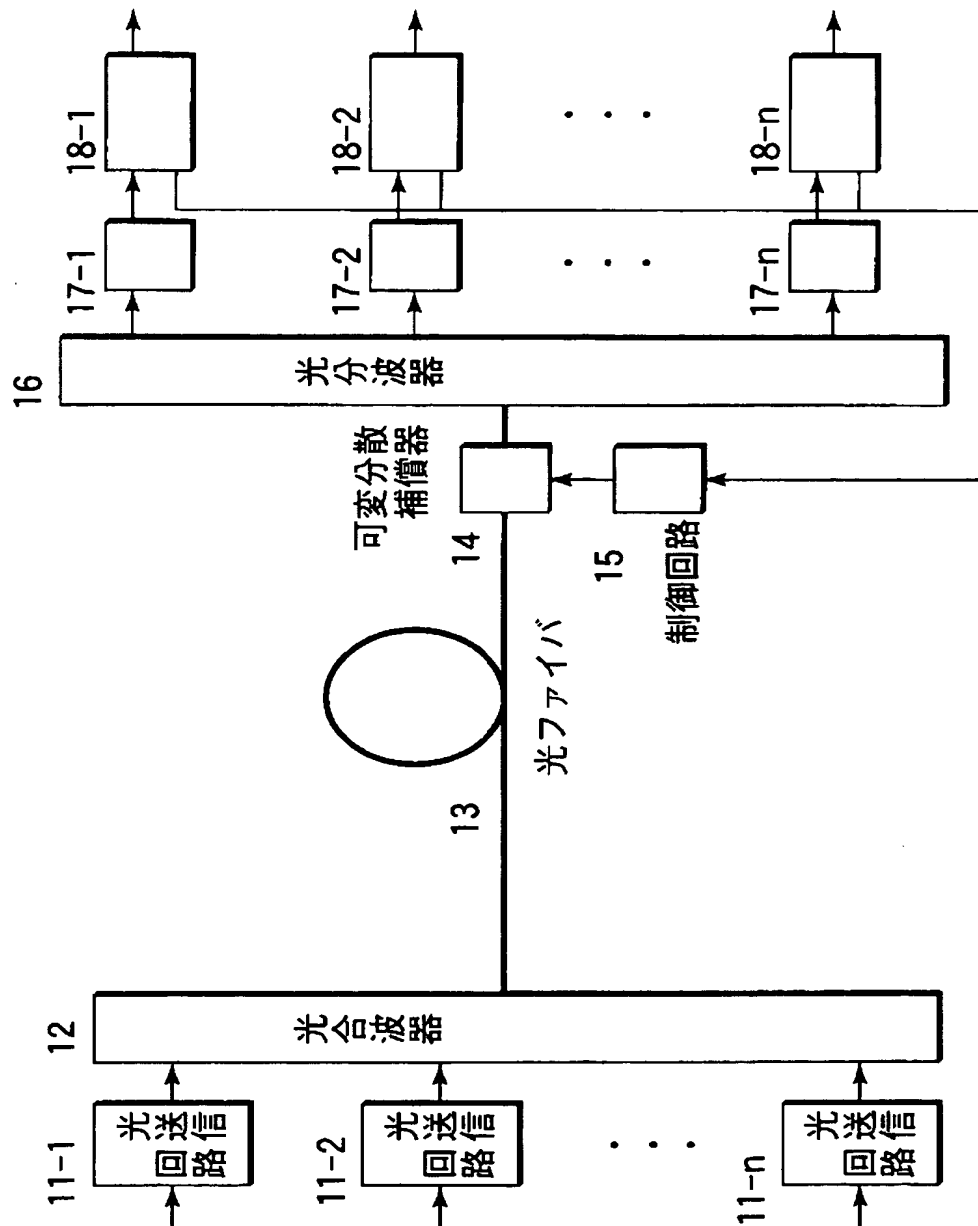
【図 1】

本発明の原理説明図



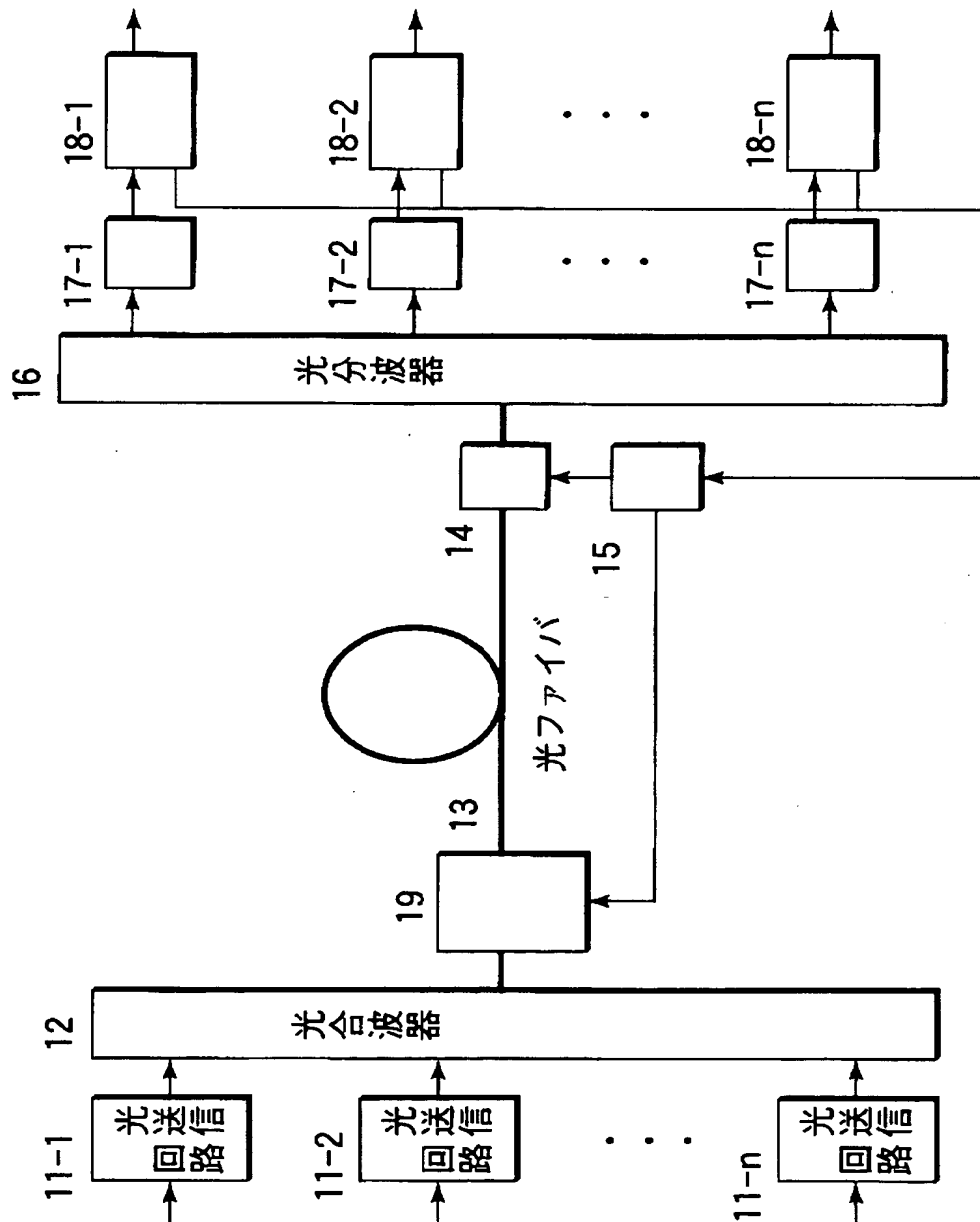
【図 2】

本発明の一実施の形態の説明図



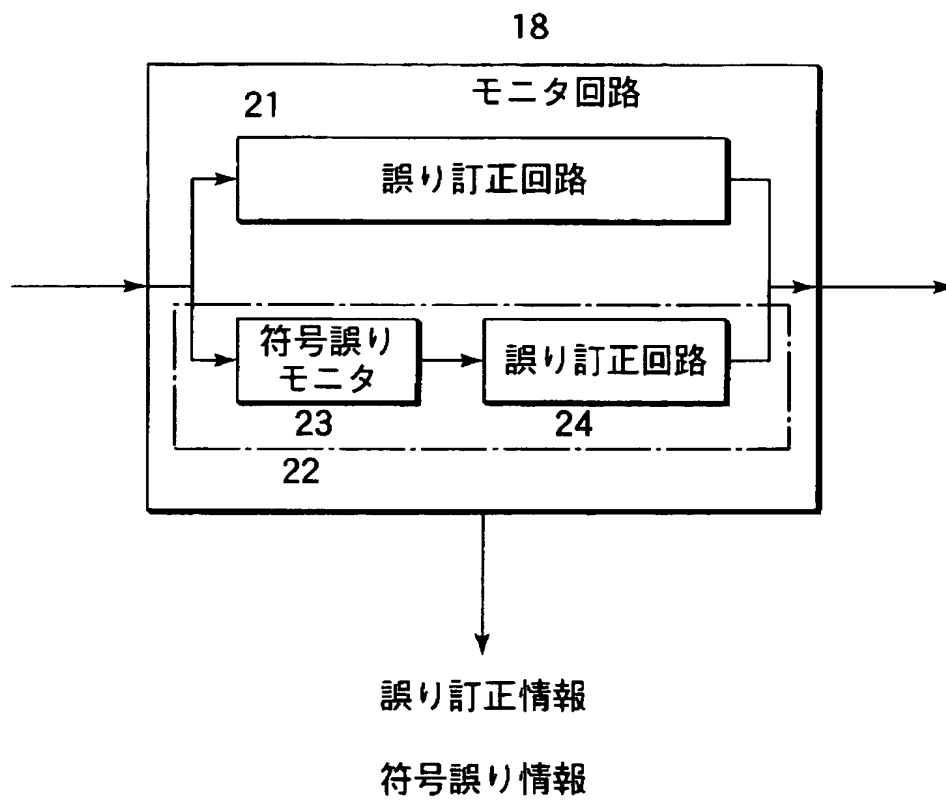
【図 3】

本発明の他の実施の形態の説明図



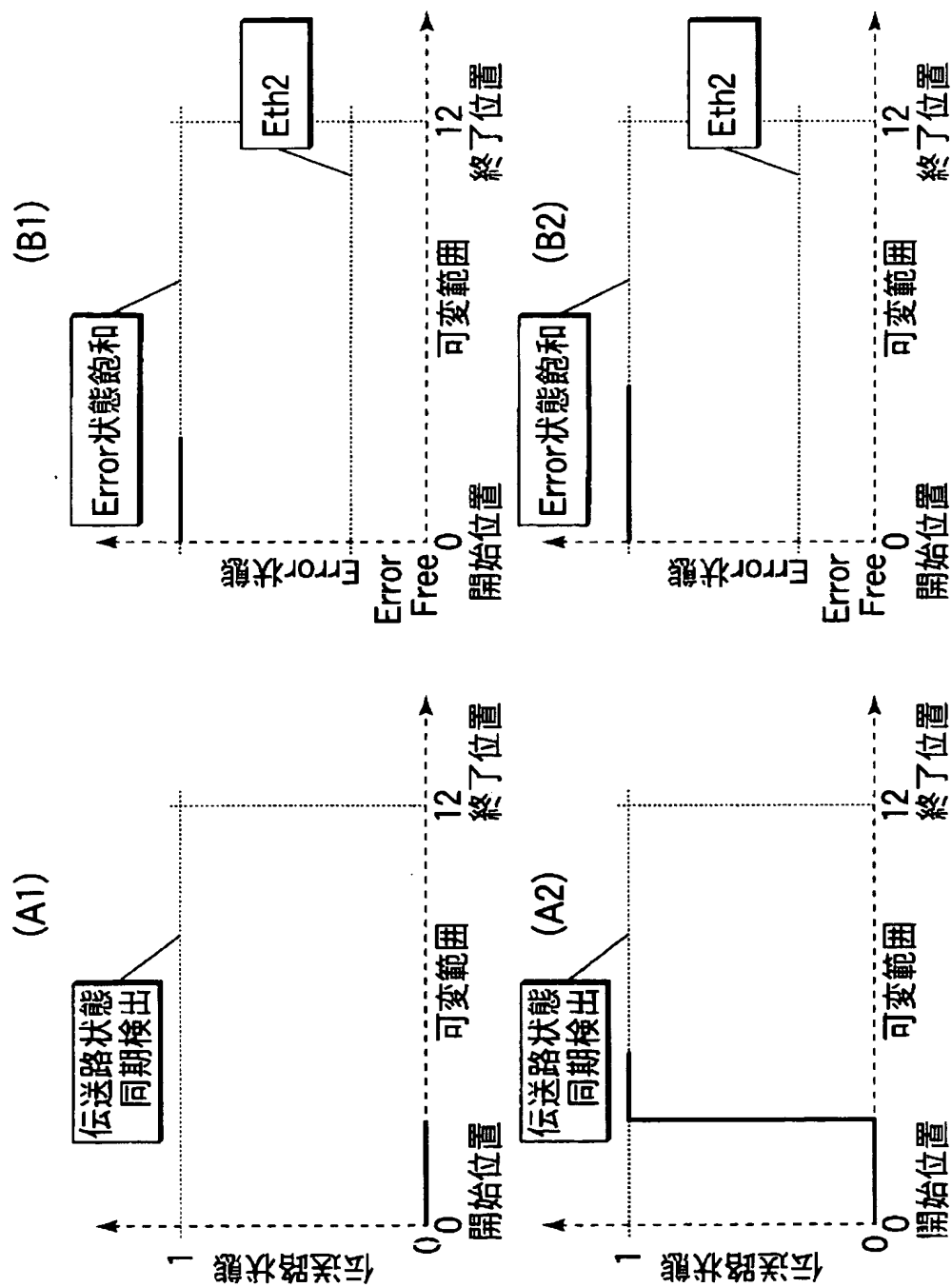
【図 4】

モニタ回路の説明図



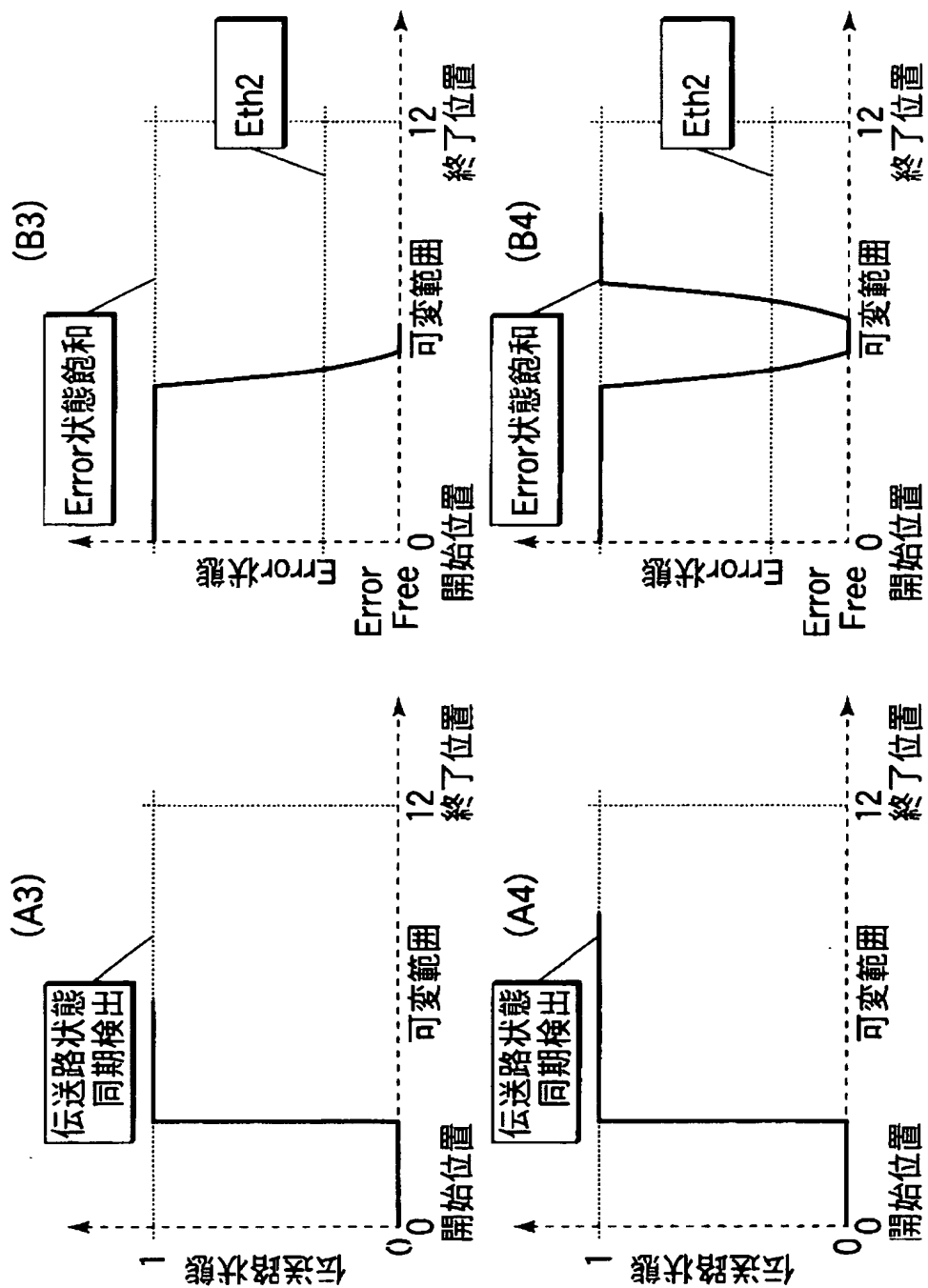
【図 5】

初期設定動作の説明図



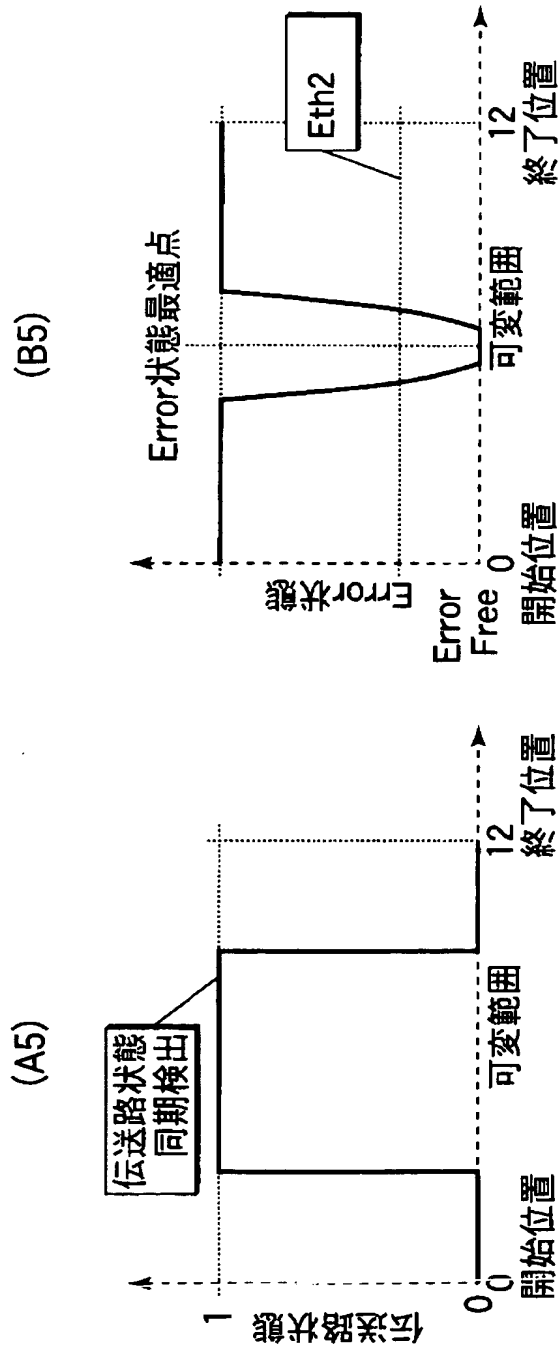
【図 6】

初期設定動作の説明図



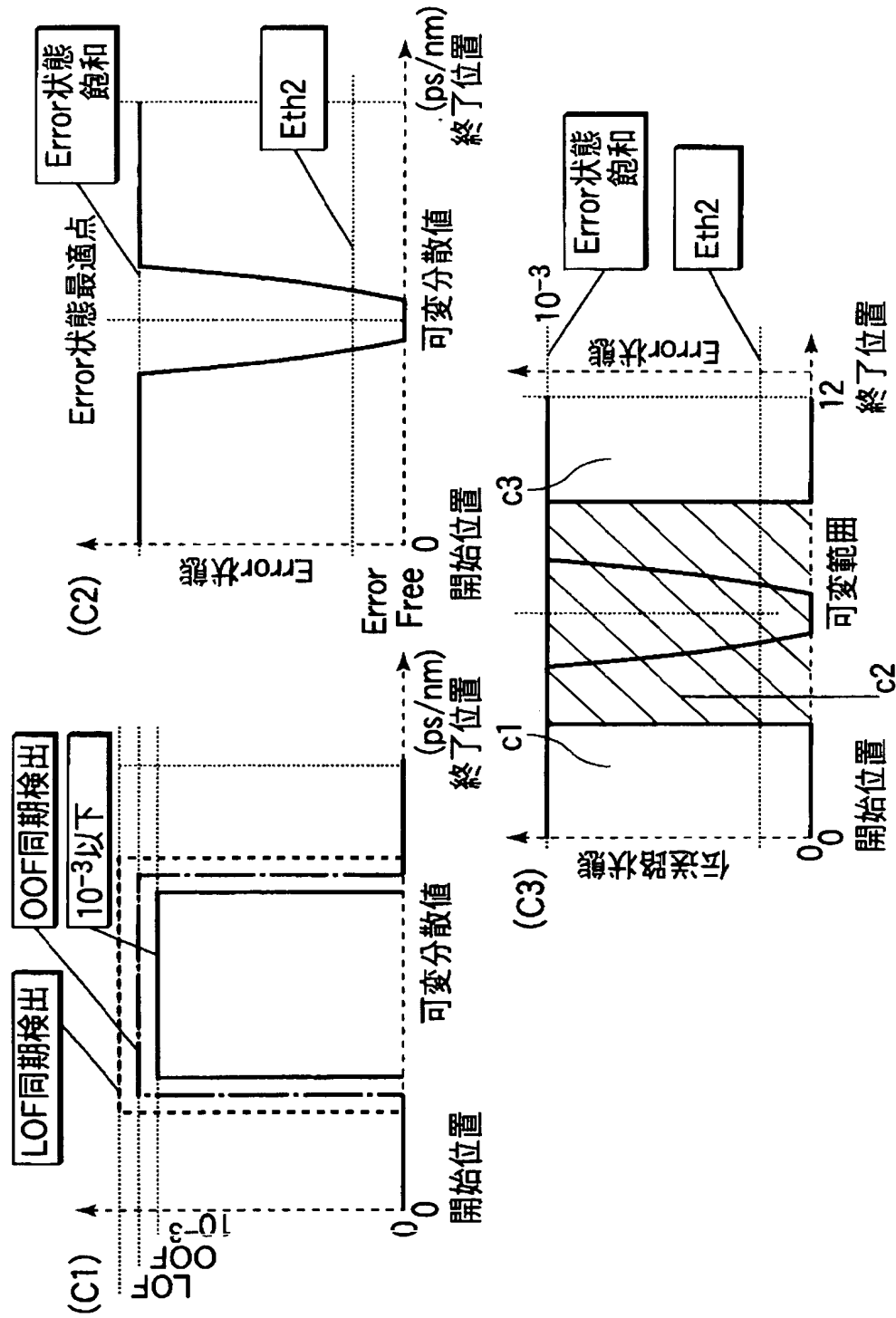
【図 7】

初期設定動作の説明図



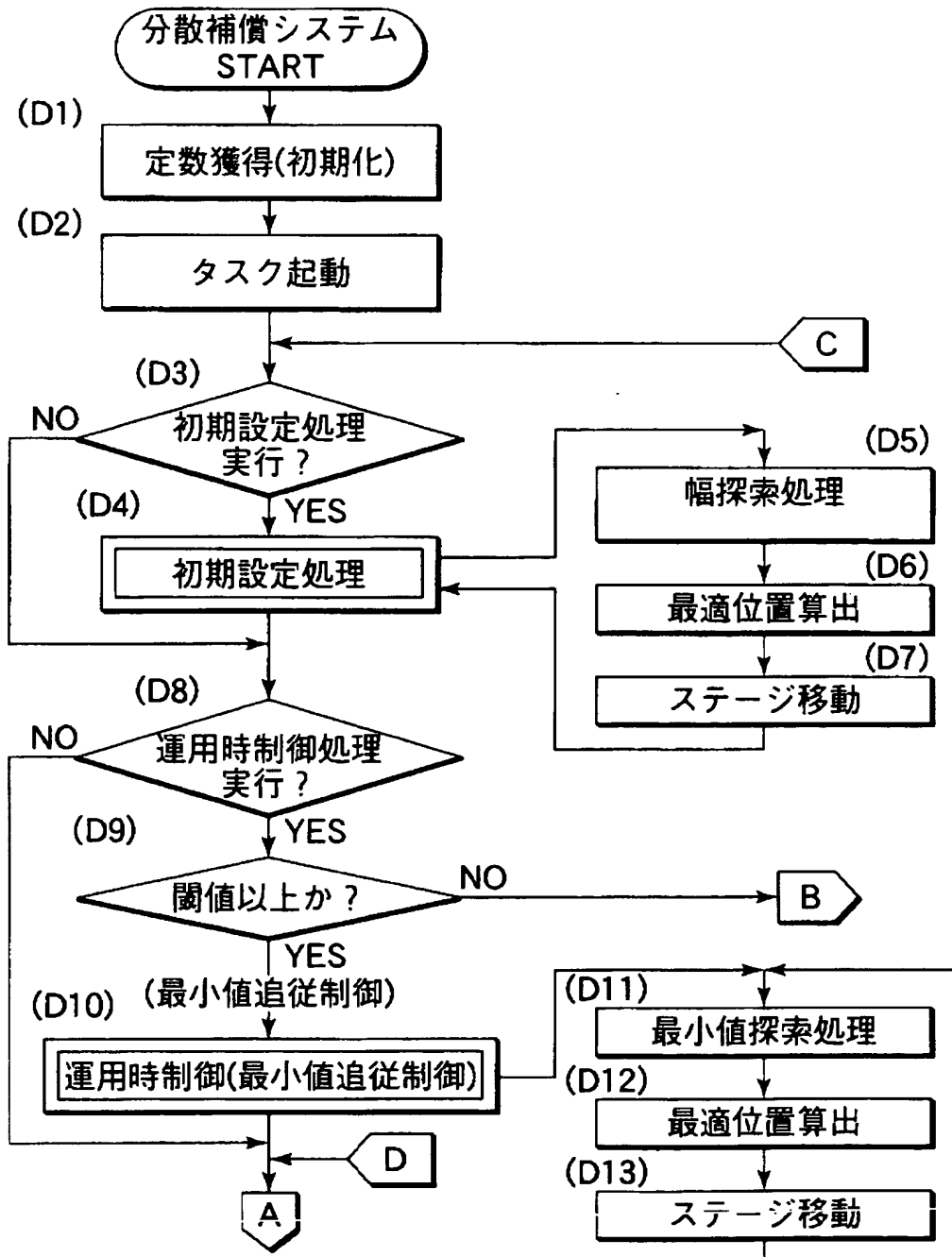
【図 8】

初期設定動作の説明図



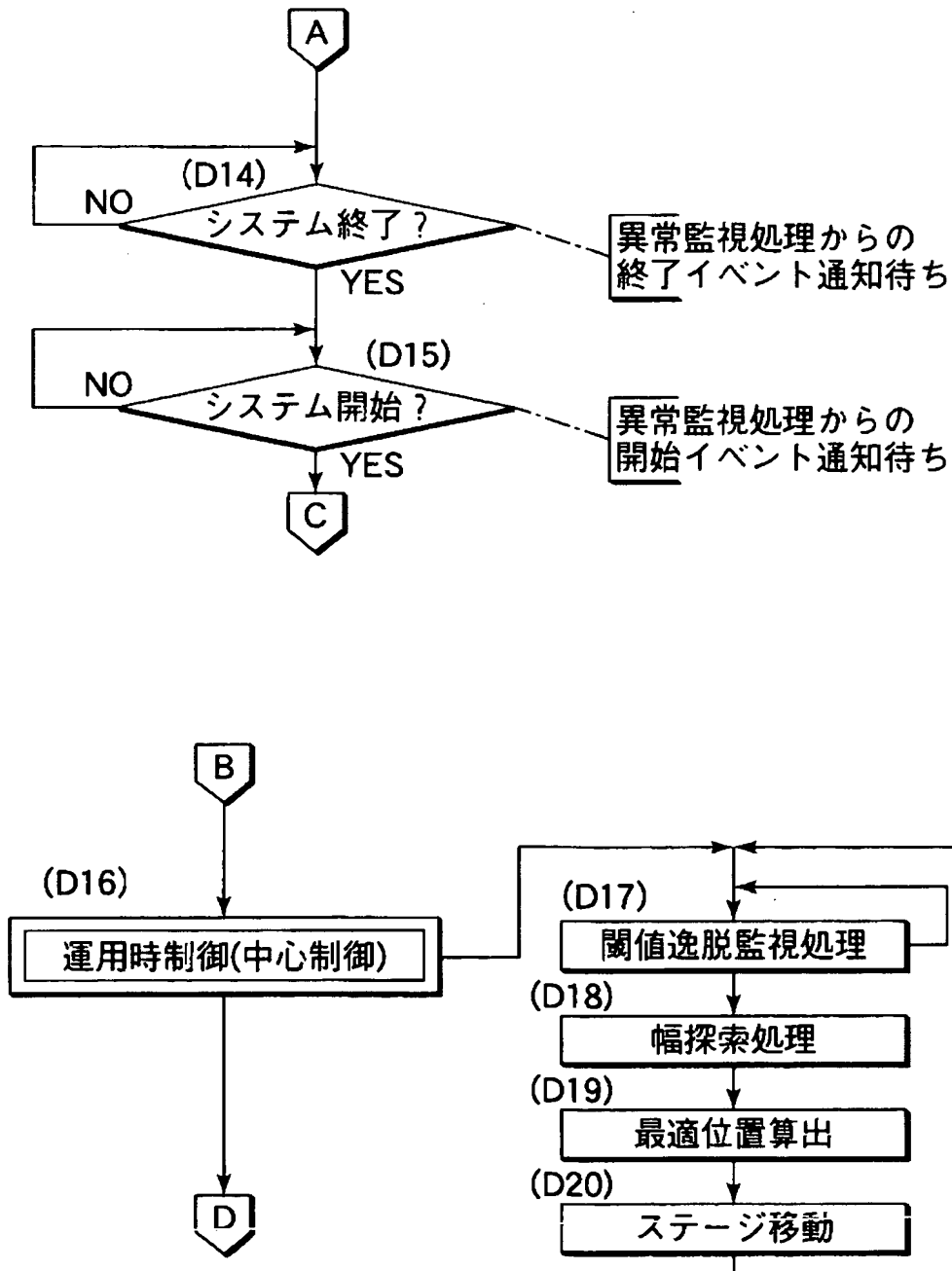
【図 9】

本発明の実施の形態のフローチャート



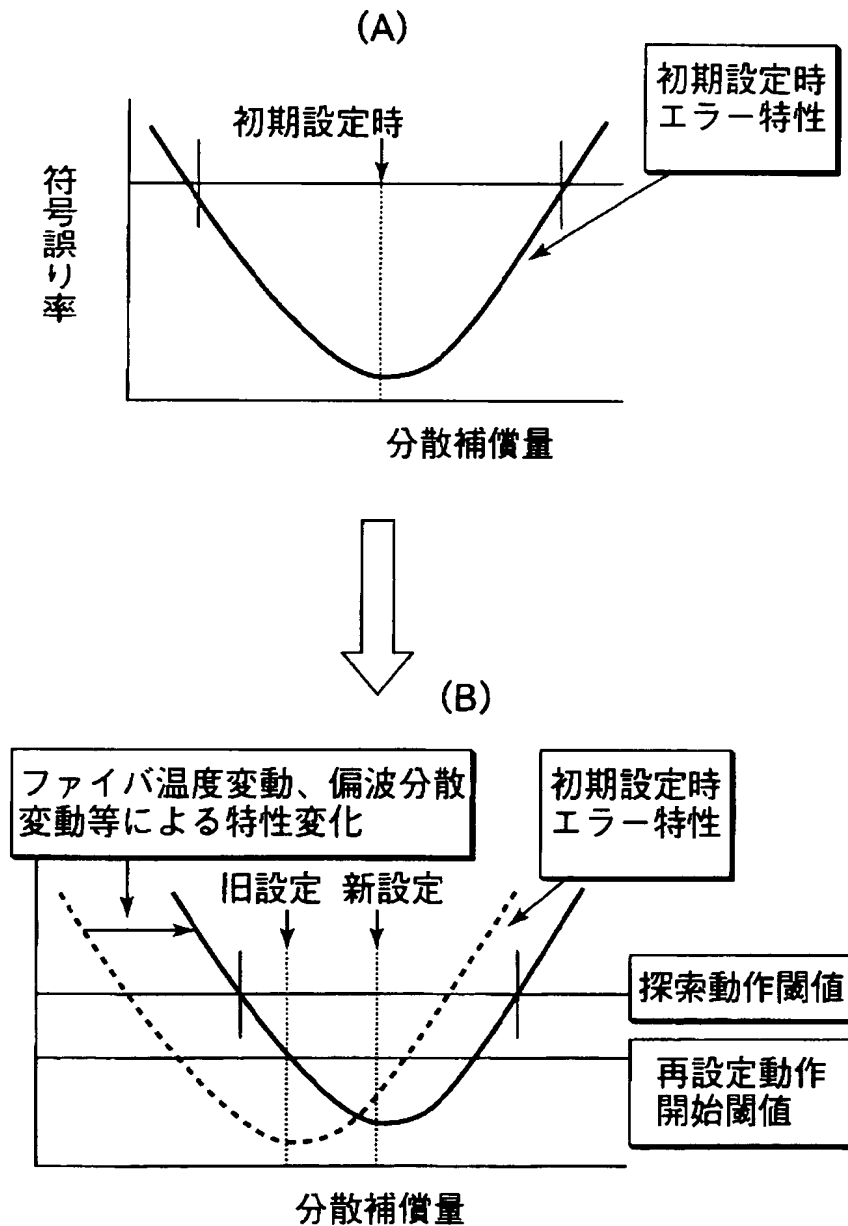
【図 10】

本発明の実施の形態のフローチャート



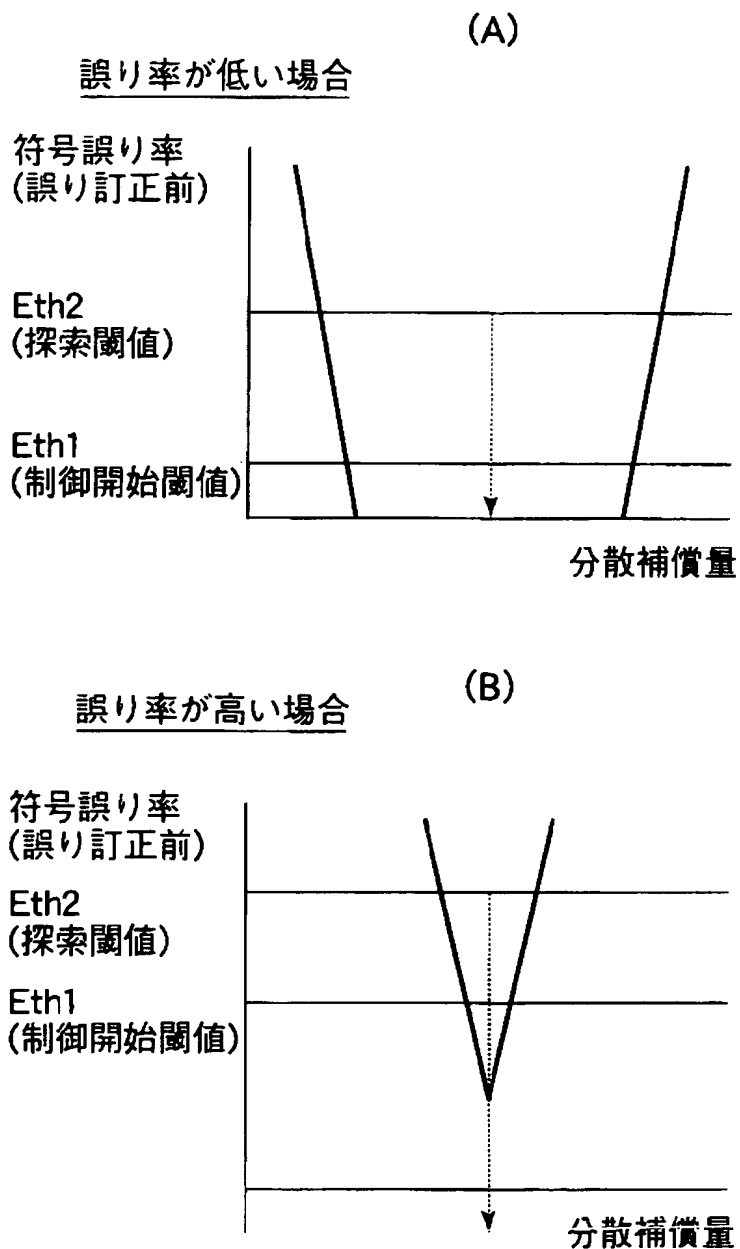
【図 11】

運用時の制御説明図



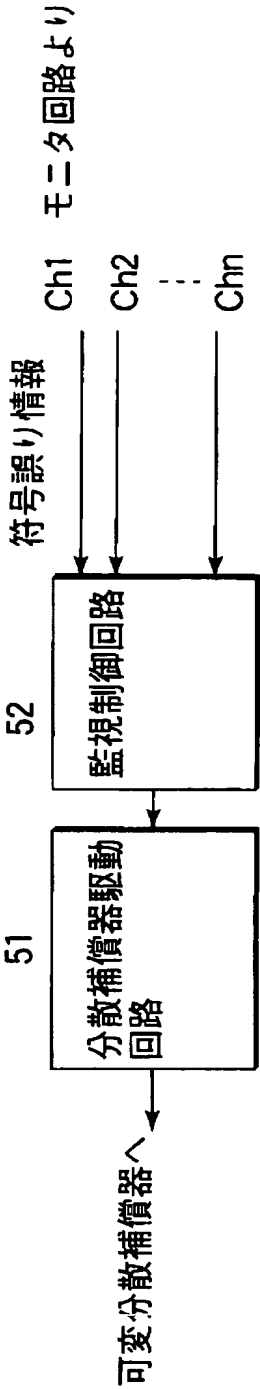
【図 12】

運用時の符号誤り率による制御説明図



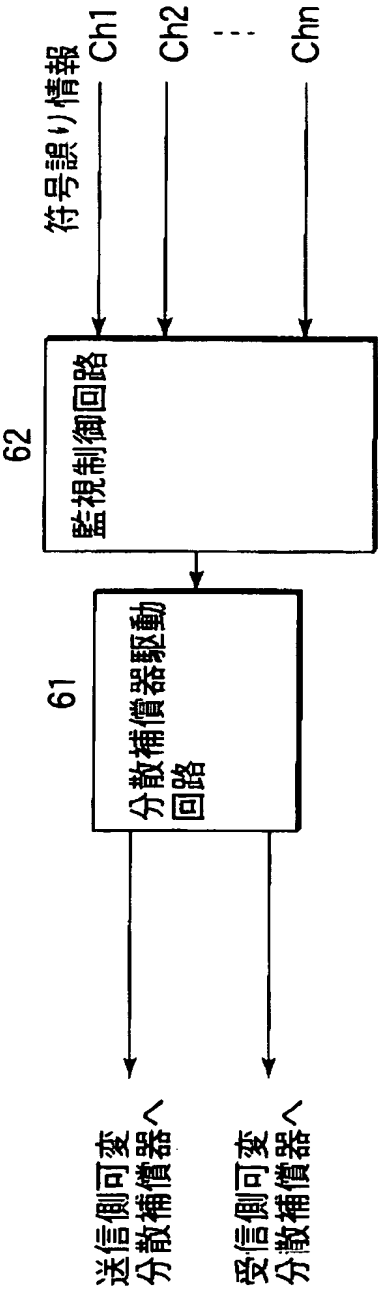
【図 1 3】

制御回路の概要説明図



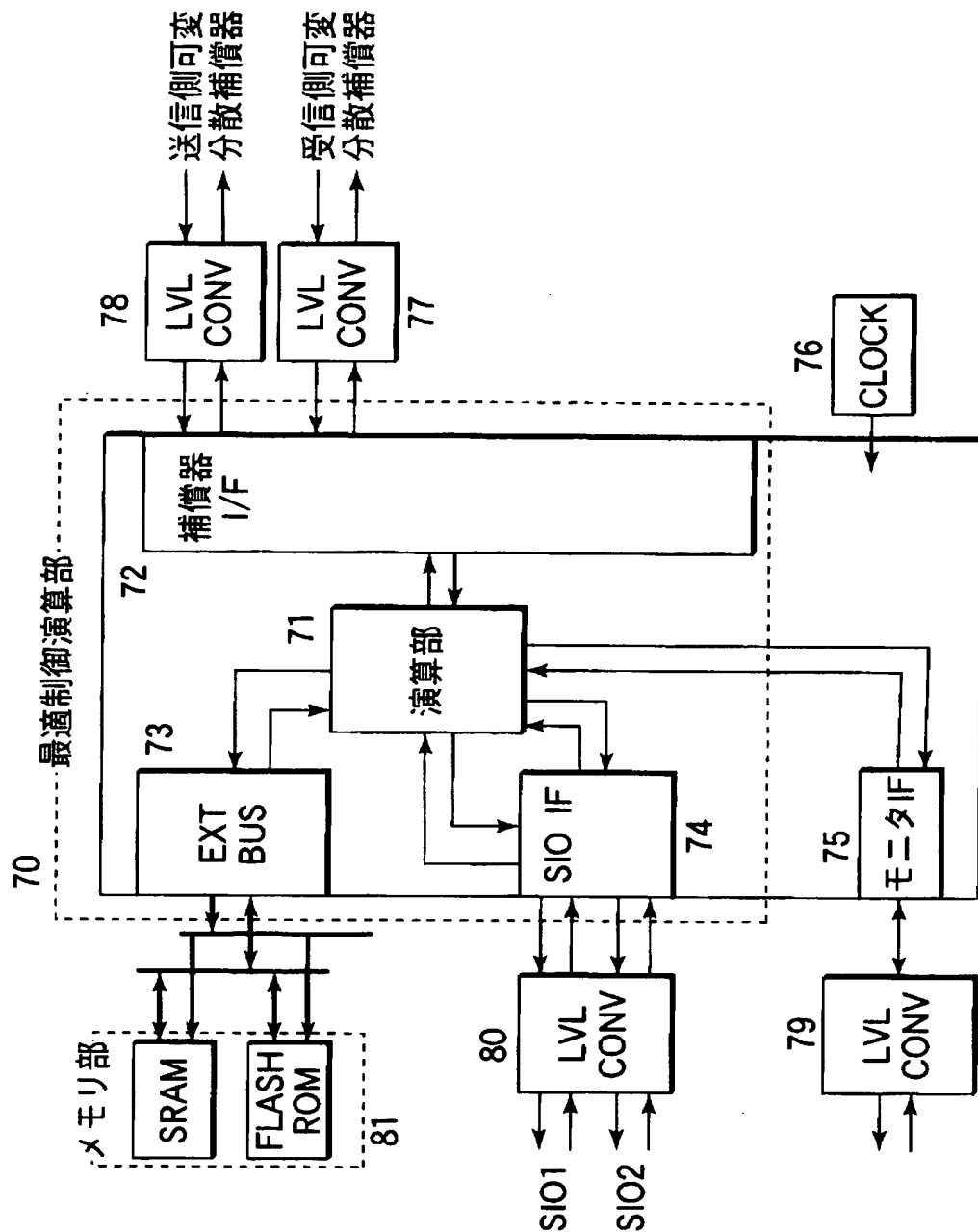
【図 1 4】

制御回路の概要説明図



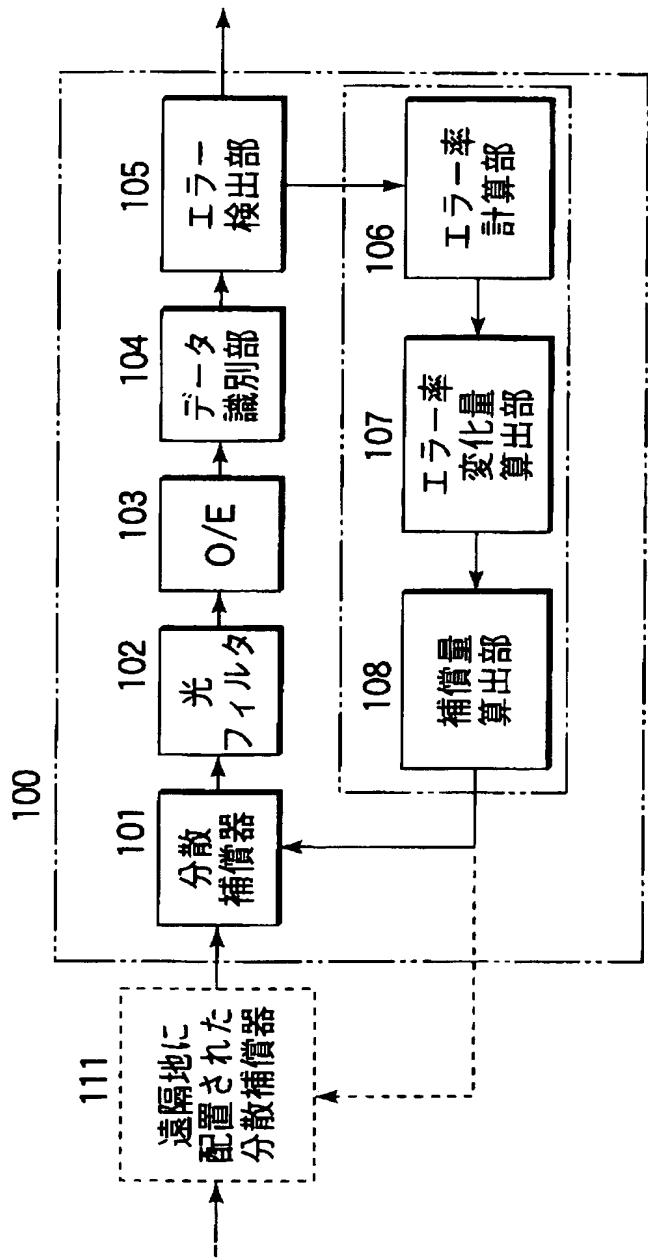
【図 15】

本発明の実施の形態の制御回路の説明図



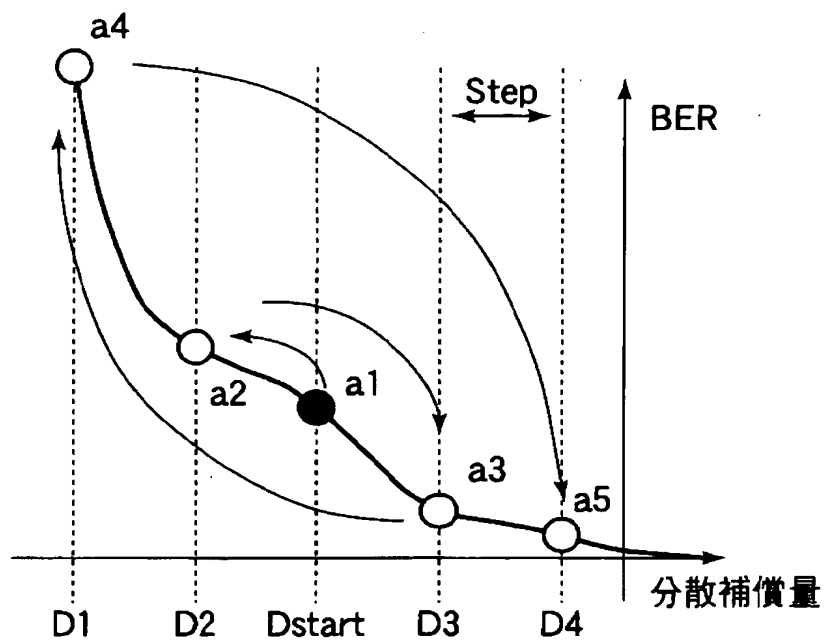
【図 1 6】

従来例の説明図



【図 17】

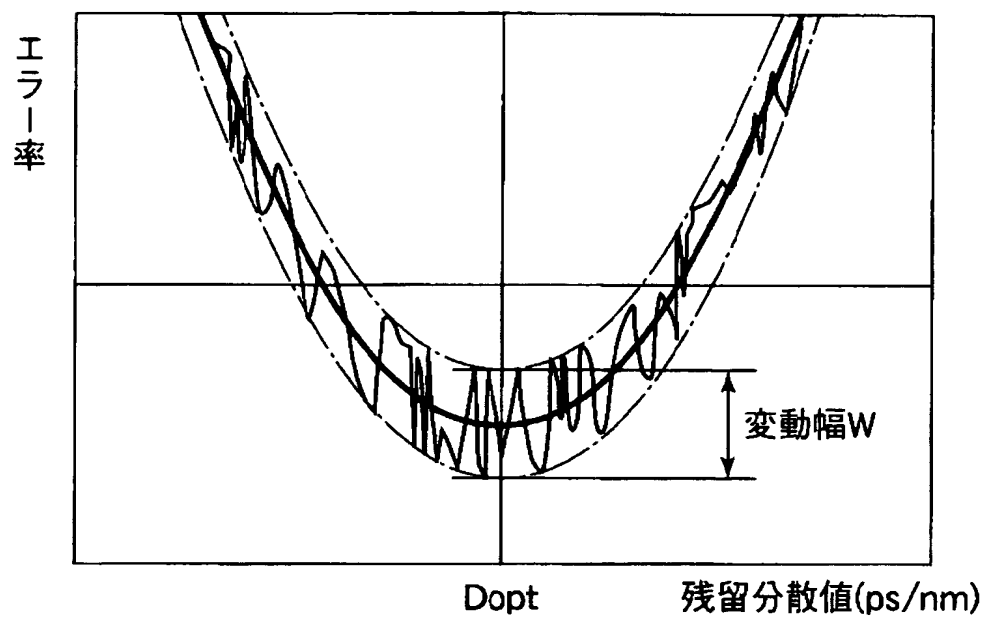
従来の最小値追従制御方法の説明図



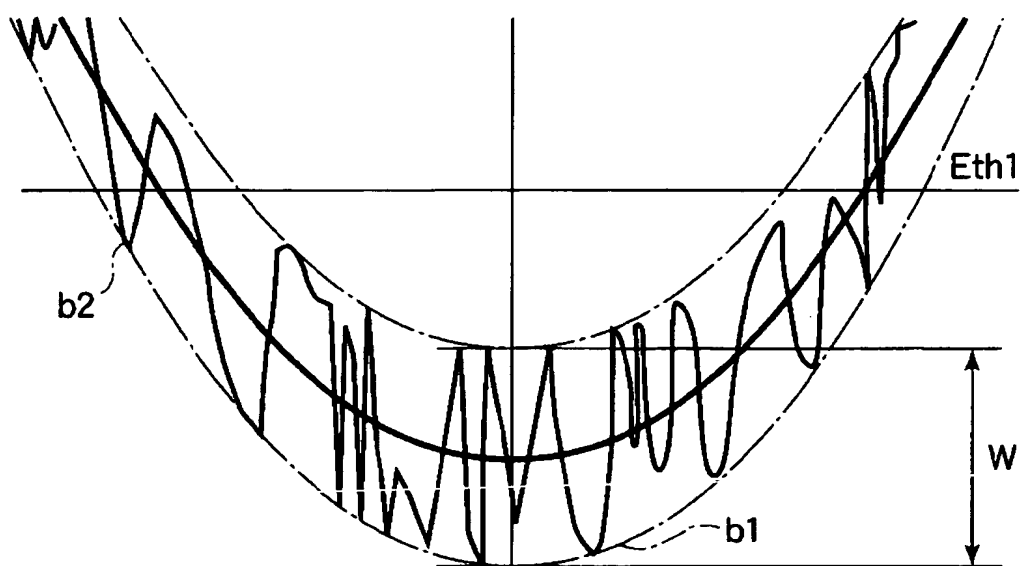
【図18】

エラー率と残留分散値との関係説明図

(A)



(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光伝送路による光信号の波形劣化を補償する分散補償制御装置及び分散補償制御方法に関し、初期設定時の高速化を図り、且つ安定な分散補償量の制御を可能とする。

【解決手段】 光ファイバ 13 の波長分散特性等に従って波形劣化した光信号の波長分散を補償する可変分散補償器 14 の分散補償量を、モニタ回路 18-1 ~ 18-n により求めた符号誤り情報を基に、制御回路 15 により符号誤り率が最小となるように制御し、初期設定時は、可変分散補償器 14 の分散補償量の可変範囲をスイープして符号誤り率を算出し、予め設定した閾値以下の符号誤り率の最小値の位置、又は符号誤り率の最低値の範囲の中央の位置の分散補償量を初期設定値とする。又同期検出を行い、同期検出ができない範囲はスイープをスキップする。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 2 3 6 4 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社